

大和川河口域の河道安定管理方策について

長坂 健

近畿地方整備局 大和川河川事務所 調査課 (〒583-0001大阪府藤井寺市川北3-8-33)

大和川は河口域の流下能力確保策として河道掘削を実施してきた。ライフサイクルコストに優れた効率的河道管理は中長期視点での持続的な流下能力管理を行っていくためには課題のひとつである。それを解決するため、掘削後に起こりうる応答性による河床変動を注視し、再現精度の高い水系土砂移動モデルの構築、管理方策の立案、シミュレーションによる施策の評価選定を行うこととした。これまでに、河床のモニタリング(連続観測の手法と結果)について中間報告を行っている。今回、これまでの経過及び施策の評価について報告する。

キーワード 河床変動調査 土砂移動 洪水時流砂量調査 河積管理

1. 大和川の概要

大和川は、笠置山地を源に上流部の奈良盆地では放射状に広がる支川が合流している。下流部では江戸時代(1704年)に、亀の瀬狭窄部を抜けた柏原地点において、淀川と分断され流路を西向きに付け替えられ大阪湾に注いでいる。幹川流路延長68km、流域面積1,070km²の一級河川である。

河口部の河床の状況は、付け替え以降、土砂堆積が顕著であったが、昭和初期から埋立土砂確保、航路確保のための浚渫等により、塩害防止の潮止め堰、河床低下防止として帯工が設置されたほど河床高は大幅に低下した。

その後、浚渫が終了するとともに再び河口部は堆積傾向に転じた。また、これまでの定期縦横測量から、河口部が堆積傾向にあること、17k柏原堰堤下流において、河床が低下し、大阪層群の露頭により下げ止まっていることを確認している。

現在は、昭和57年8月洪水を受け、主に河川事業として河道掘削が展開された。2013年11月には大和川水系河川整備計画(国管理区間)を策定し、河口部では流下能力不足を解消するための河道掘削や、土砂動態をモニタリングしながら、流下能力の向上及び安定的な確保に資する河川改修を実施することとしている。

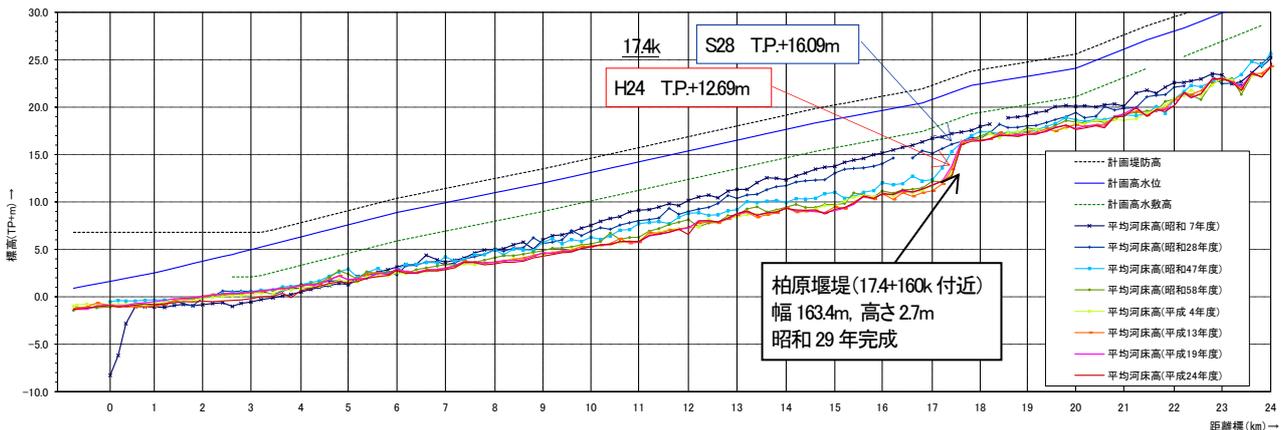


図 1 : 柏原堰堤下流の河床変化について

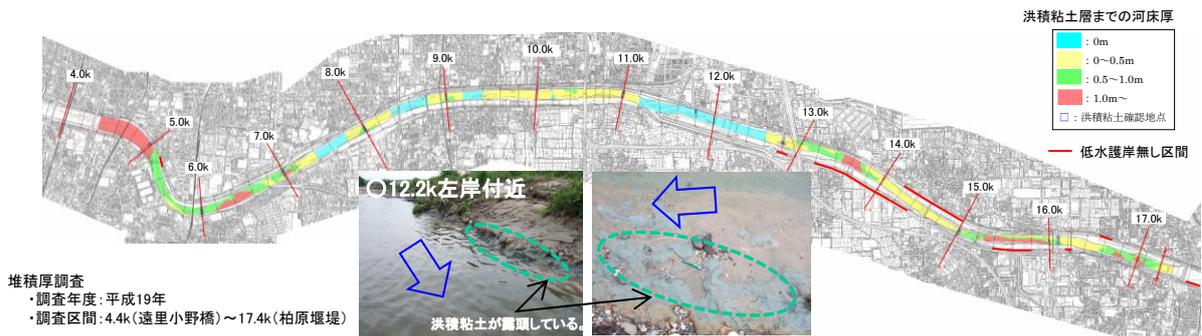


図 2 : 洪積粘土層(大阪層群)の露頭状況について

2. 本検討の経過と方針

河口部の流下能力の向上及び安定的な河道の確保に資する河川改修を実施にあたっては、ライフサイクルコスト、環境への影響を考慮した施策の立案・展開が重要である。

この検討ツールとして将来再現性の高い土砂移動モデルを構築し、様々な施策をシミュレートし施策評価をすることとした。

土砂動態に関するモニタリングとしては、河口部で連続データの観測(河床変動、溶存酸素、塩分)、洪水時で本支川の流砂観測(浮遊砂)を行い2014年に中間報告を行ったところである。

今回、得られたデータを元にモデルの構築、施策の立案、シミュレーション施策の評価選定を行い、河道安定管理方策について報告することとした。



桃色: 前回報告範囲 白色: 本報告範囲

図 3: 全体検討プロセス

3. シミュレーションモデルの構築

施策の評価を行うモデルは、一次元河床変動モデルと平面二次元多層河床変動モデルの2種類とした。

1) 一次元河床変動モデル

河道内に働く現象を縦断方向の一次元により表現するモデルである。河川における流速や水位(水深)を一次元不等流により演算する。得られた水理量を用いて各断面の流砂量を演算し、河床の連続式により河床の変動量を算出する。また、大和川の河口付近においては粒径1mm以下の砂やウオッシュロードが主な河床材料となっており、これらの挙動を把握するため、沈降・巻き上げによる非平衡性を取り入れ、流水と河床との土砂移動を考慮した河床変動計算モデルとした。

中長期的な土砂移動を把握することができることから、基本的にはこのモデルを基本に河道計画の方向性を見極めていく。

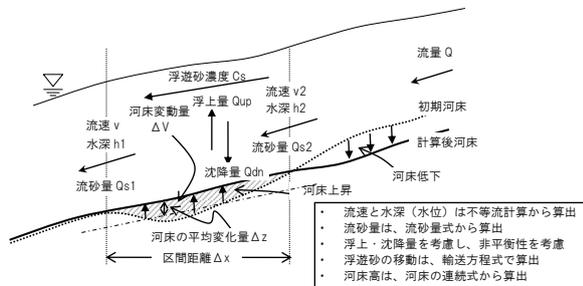


図 4: 一次元河床変動計算の模式

2) 平面二次元多層河床変動モデル

河道内に働く現象を縦横断方向の二次元を多層にする

ことで水深方向の準三次元で表現するモデルである。平面二次元多層流動計算過程により、流速分布、水位変動を演算し、密度の状態方程式で相互に関連する水温・塩分・溶存酸素量を計算する。これにより得られた水理量から河床変動計算過程によりメッシュ毎の河床高を算出する。

河口域では海水との密度差が生じるため、表層付近と底層付近では流れや水質は不均質であり、洪水流や潮流流、海水との化学的結合によって掃流・浮遊している可能性も考えられる。

導流堤、掘削形状の工夫など左右岸で様ではない施策も想定されることから、平面二次元多層河床変動モデルを構築した。演算処理時間が長く中長期的なシミュレートには向かないため、短期(単一洪水、大潮 平常時)における精密な評価ツールとして構築した。

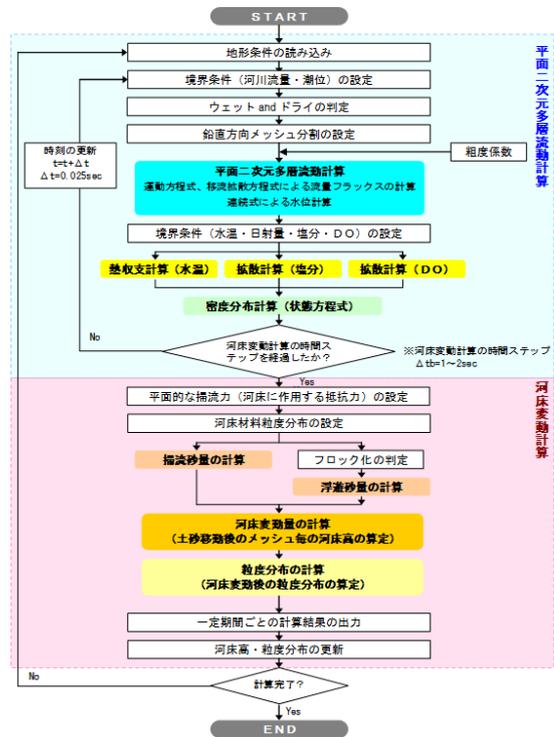


図 5: 平面二次元多層流動・河床変動モデルの基本構造

4. シミュレーションモデルの再現性

1) 一次元河床変動モデル

モデルの再現性は、河床変動量の再現計算と実績によることとした。対象期間を設け、実績流量及び河道条件を与え、再現計算した結果と対象期間前後の河床変動量により、再現性を確認した。

再現性を高めるために、ダムの堆砂量から算出した流域全体の供給土砂量を修正することとした。再現期間は(1)長期間のトレンドを把握するため長期データとする(2)1967年の亀の瀬地すべりによる土砂移動を異常とする理由から1993年以降のデータが適当であると判断した。その期間河口部では5.22万

m³/年 (掘削量 7.42 万 m³/年、洗掘 2.2 万 m³/年) 堆積が進んでいる。再現した結果、4.6k~17.4k において実現性とモデルにおいて差異が生じた。土砂移動モデルの構築は 12k 前後の極端な河床の上昇・低下について再現性は低いものの河口部の堆砂という観点では、十分なものと考えている。

なお、12k 付近に大阪層群が露頭していることから、モデルでは河床低下は生じない区間として設定している。しかし、2012 年の横断測量では滞筋に河床低下が生じている。

滞筋の局所的な河床低下が生じている原因は、12k 上流の礫間浄化施設の落差工による影響が想定される。

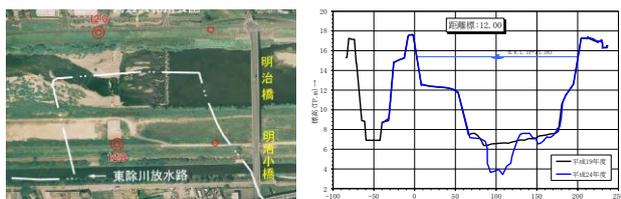


図 6 : 12k 付近平面図及び横断面

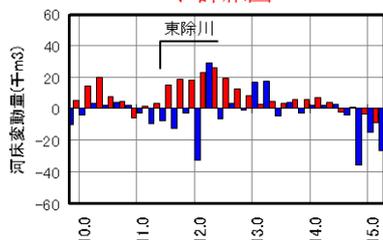
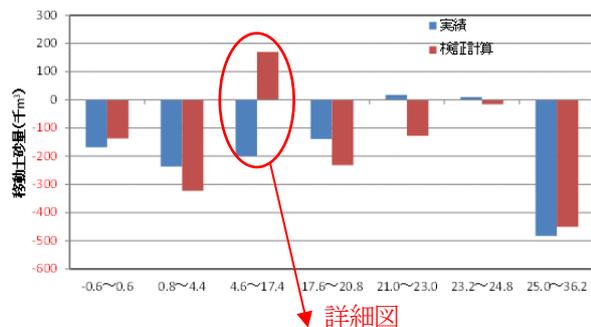
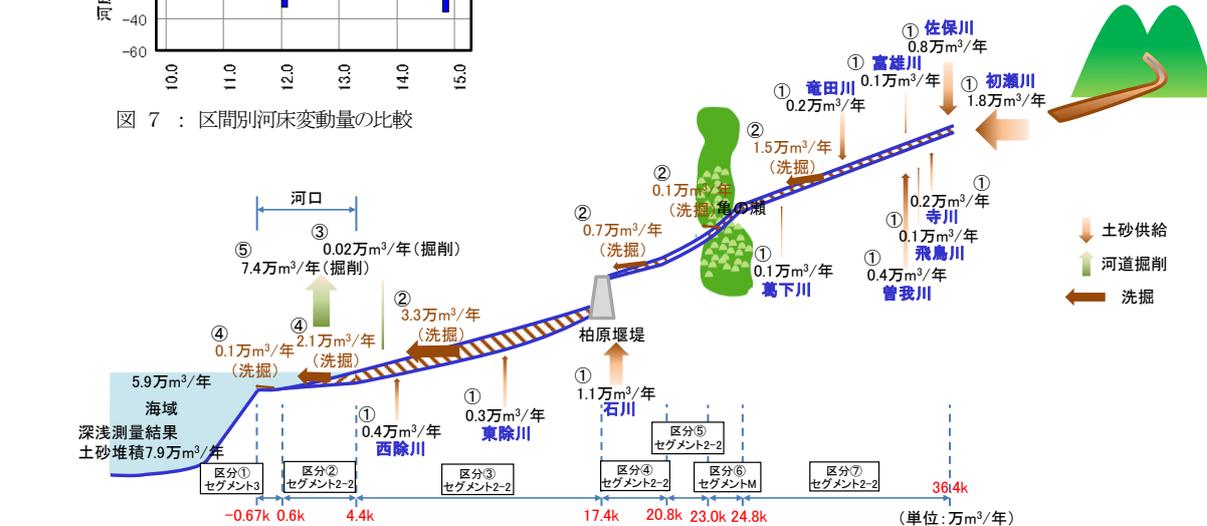


図 7 : 区間別河床変動量の比較



	計	区分①	区分②	区分③	区分④	区分⑤	区分⑥	区分⑦	上流
支川 ①	5.5	—	—	0.7	1.1	—	—	1.9	1.8
河床洗掘 ②④	7.8	0.1	2.1	3.3	0.7	—	0.1	1.5	
河口部掘削 ③⑤	▲7.42	▲7.4	▲0.02	—	—	—	—	—	—
流出量累計	5.88	5.88	13.18	11.1	7.1	5.3	5.3	5.2	1.8

図 8 : 土砂動態収支図(平成5年~平成24年 20カ年平均)

2) 平面二次元多層河床変動モデル

モデルは、1つの出水時の水位及び河床変動、平常時の水質 (塩分、溶存酸素量) について再現演算が実現象を再現できるようにし、遠里小野地点で 2014 年の最高水位 (速報値) を記録した 8 月出水とした。

再現にあたっては、モデル定数 (底面摩擦係数、流砂量係数) を同定した。その結果、実測値を概ね再現することができ、2011 年~2013 年までに発生した複数洪水でも同じ定数で表現でき、再現性の高いモデルが構築できた。導流堤、掘削形状の工夫など左右岸で一様ではない施策も、評価することができることとなった。

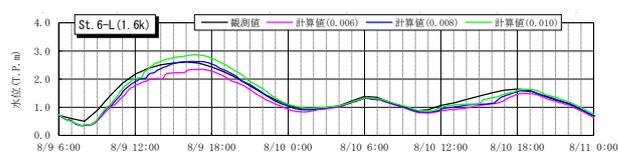


図 9 : 洪水時水位・河床変動の再現検証例の結果 2014.8.9 洪水

5. 河口部の土砂動態将来予測

流下能力の安定的な確保の確認のため、3. で構築した二次元河床変動モデルによる河床変動計算により過去 40 年間のハイドロを与え 40 年後の河床の予測を行った。

算出された河床を用いて戦後最大規模となる 1983. 8 月出水と同規模の出水が生じた場合における水位計算を行った結果 H. W. L. を超過し、河積管理方策の立案が必要であることが確認された。

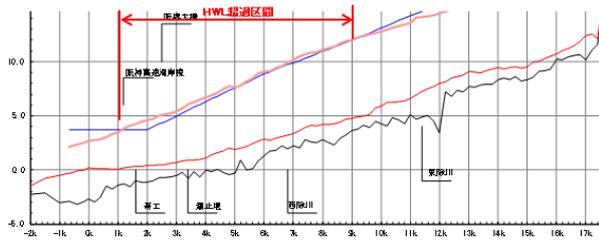


図 10 : 河床変動図(40年後 維持掘削等対策なし 初期河道:平成24年測量)

6. 河積管理方策の立案・評価

1) 河積管理方策の絞り込み

河積管理方策については、「生産域（山地部）における対策」と「河道内における対策」に大別、細分化できる。

生産域における対策だけでは、河道域で生じている土砂堆積に対して河積を管理できない。このため、河道内における対策と組み合わせた河積管理方策とすることが必要である。また、以下の3つの理由を定性的に考慮して河道管理方策を絞り込んだ。

理由1：制度上

理由2：技術上の実現性

理由3：河積管理の効果、コスト

絞り込んだ4つのパターンについて評価することとした。

- ③ 土砂掘削
- ⑤ 土砂掘削+堰堤
- ⑥ 土砂掘削+水制工
- ⑦ 土砂掘削+堰堤+水制工

2) 評価

(1) 土砂堆積に関する評価

土砂掘削を標準案として、⑤から⑦の有効性について評価した。

⑤ 土砂掘削+堰堤について
堰堤上流に土砂を堆積させるとともに掘削することや堰堤の落差を利用して掃流力(※)を増加させ、堰堤下流の堆砂を減らすことを目的に堰堤を整備する方策。コスト面では劣るものの維持管理頻度、河床洗掘防止の点では優れている。

⑥ 土砂掘削+水制工について
河口の川幅を狭め掃流力を増加させる目的に水制工を整備する方策。

二次元火曜変動モデルを用いて、河床変動量を確認したところ、整備計画ハイドロ、年最大流量程度の洪水において堰堤(案)においては、ほとんど効果を発現しないため、棄却することとした。

⑦ 土砂掘削+堰堤+水制工については、⑥で確認したとおり、水制工が評価できないことから棄却することとした。

※掃流力

$$\tau = \rho g h I_e$$

τ : 掃流力 ρ : 密度 g : 重力加速度
 h : 水深 I_e : エネルギー勾配

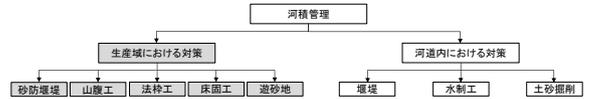


図 11 : 一般的な河積管理方策

対策種別	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
河道内における対策	堰堤	水制工	土砂掘削	堰堤	水制工	土砂掘削	堰堤	土砂掘削	土砂掘削	水制工	水制工	土砂掘削	土砂掘削
生産域における対策													
生産域における対策													

図 12 : 大和川河口域に適用可能な河積管理方策(組み合わせ案)

方策	抽出結果	方策の不採用理由
①堰堤	×	現在河口域に堆積している土砂への対策が不十分(理由1)
②水制工	×	現在河口域に堆積している土砂への対策が不十分(理由1)
③土砂掘削	○	
④堰堤+水制工	×	現在河口域に堆積している土砂への対策が不十分(理由1)
⑤堰堤+土砂掘削	○	
⑥水制工+土砂掘削	○	
⑦堰堤+水制工+土砂掘削	○	
⑧土砂掘削+砂防堰堤	×	流域全体に砂防堰堤を整備する必要がある、流入支川も多く、現実性が乏しい。(理由3)
⑨土砂掘削+床固工	×	渓流毎に、床固めや流路工を整備する必要がある、現実性が乏しい。(理由1)
⑩土砂掘削+砂防堰堤+床固工	×	流域全体に砂防堰堤を整備する必要がある、流入支川も多く、現実性が乏しい。(理由3) 渓流毎に、床固めや流路工を整備する必要がある、現実性が乏しい。(理由1)
⑪水制工+土砂掘削+砂防堰堤	×	流域全体に砂防堰堤を整備する必要がある、流入支川も多く、現実性が乏しい。(理由3)
⑫水制工+土砂掘削+床固工	×	渓流毎に、床固めや流路工を整備する必要がある、現実性が乏しい。(理由1)
⑬水制工+土砂掘削+砂防堰堤+床固工	×	流域全体に砂防堰堤を整備する必要がある、流入支川も多く、現実性が乏しい。(理由3) 渓流毎に、床固めや流路工を整備する必要がある、現実性が乏しい。(理由1)

図 13 : 河積管理方策の概略評価結果

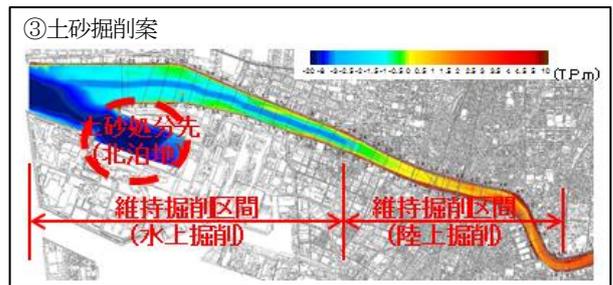


図 14-1 : 河積管理方策③

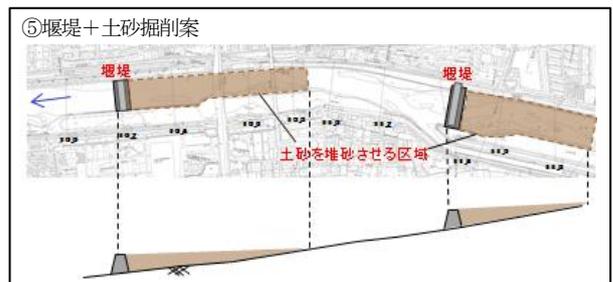


図 14-2 : 河積管理方策⑤

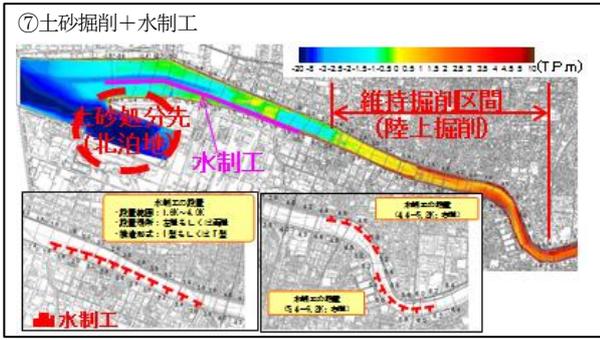


図 14-3 : 河積管理方策⑦

7. 施策の実施に向けた課題

現段階では「土砂掘削」が最適であるが、課題は大きく3つある。

(1) 大阪層群の露頭

河道全体の土砂管理を考えたマクロな視点の場合、河口から17kmまでは、河床が下げ止まっている。その主な原因は、大阪層群の露頭によるものである。

大阪層群の露頭が環境に与えている影響を分析・対策を行う事も重要な課題。

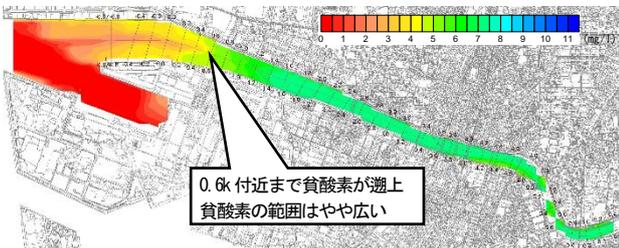
(2) 環境影響に関する評価(土砂掘削)

河口部の掘削が物理環境ではなく生物環境としてどの程度のものなのか。モニタリングを行う必要がある。

例えば、2012年の測量結果により算出した貧酸素の遡上が2011年に予測していた結果に比べ、再堆積状況からやや平面的な広がりを見せていると算出された。魚類や底生生物などの水生生物は主に干潟や河岸部で確認されていること、航路部で確認されている鳥類は移動性が高いことから、航路部の維持掘削による生物への影響は限定的であるとする。

ただし、ゴカイ類などの調査が実施されていないことから、それらの調査も踏まえて、水生生物への影響を把握していく必要がある。

H24 測量



H19 測量+H23 末工事反映

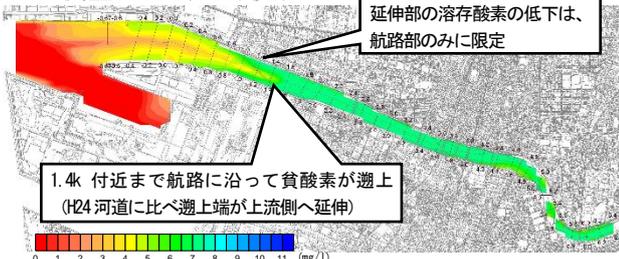


図 15 : 底層溶存酸素コンター図

(3) 将来予測の考え方(予測モデルの検証)

長期的なトレンドでは5.22万 m³/年の堆砂が生じると考えられるが、2014年から2015年にかけては大きな堆積は生じていない。この理由は、2015の出水が大規模であったことと考えられる。

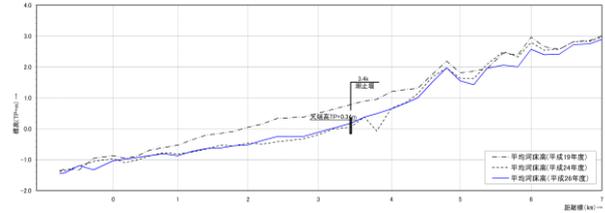


図 16 : 河口部平均河床

8. まとめ

現時点では、河口部における河積管理については、引き続き土砂掘削が有効であることを確認した。

しかし、課題もあり継続的な掘削が将来に渡って最も有効な施策であるとは判断できない。

具体的な課題の解決方法の例は以下の通り。

- ・一次元モデルの検証(再現期間の見直し)
- ・水生生物と物理環境との関係性の確認
- ・大阪層群と水生生物との関係性の確認

これらのことを踏まえてモニタリングを継続し機構解析を行い、治水・環境、流域全体の土砂管理の観点から有効な対策を具体化、展開していかなければならない。